

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-309235

(43)Date of publication of application : 04.11.2004

(51)Int.Cl.

G21F 5/08  
G21C 19/06  
G21C 19/32  
G21F 5/008  
G21F 9/36

(21)Application number : 2003-101075

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 04.04.2003

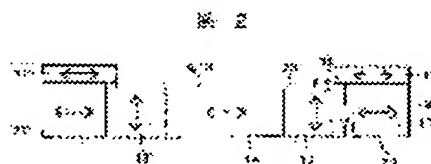
(72)Inventor : HIRANO ATSUYA  
HAYASHI MAKOTO  
SHIMIZU HITOSHI

## (54) SHOCK ABSORBER FOR CASK

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To mitigate an impact load and to suppress the deformation upon the dropping of an impact shock absorber of a cask for the transportation and storage of a spent fuel.

**SOLUTION:** The impact shock absorber 9, 10 is constituted by filling wood or a woody board inside and enclosing it with a shell 21. End peripheral parts 11, 11', a center part 14, middle parts 12, 12', and peripheral angle parts 13, 13' corresponding respectively to a horizontal dropping load, a vertical dropping load and a corner dropping load are arranged. The fiber direction is selected in accordance with a material characteristic of the wood, namely, the radial horizontal direction to the wood for the horizontal dropping load, the axial (vertical) direction to the wood for the vertical dropping load, and the radial horizontal direction to the wood for the corner dropping load. A laminated structure of thin boards may be used as the wood for the horizontal dropping load.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.07.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

2005-077

(11)【公開番号】 特開2004-309235  
(43)【公開日】平成16年11月4日(2004. 11. 4)  
(54)【発明の名称】 キヤスク用緩衝体

(51)【国際特許分類第7版】

G21F 5/08  
G21C 19/06  
G21C 19/32  
G21F 5/008  
G21F 9/36

【F1】

G21F 5/00 S  
G21C 19/32 V  
G21F 9/36 501 J  
G21F 5/00 F  
G21C 19/06 S

【審査請求】未請求 【請求項の数】7 【出願形態】OL 【全頁数】13

(21)【出願番号】特願2003-101075(P2003-101075)  
(22)【出願日】平成15年4月4日(2003. 4. 4)

(71)【出願人】株式会社日立製作所  
【住所又は居所】東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(74a)【代理人】高田 幸彦  
(72)【発明者】平野 敏也

【住所又は居所】茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内  
(72b)【発明者】林 眞孝

【住所又は居所】茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所原子力事業部内  
(72c)【発明者】清水 仁

【住所又は居所】茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所原子力事業部内

(67)【要約】  
【課題】使用済燃料輸送貯蔵用のキヤスクの衝撃緩衝体の落下時の衝撃荷重の緩和と変形量の抑制。  
【解決手段】衝撃緩衝体9、10は、内部に木材もしくは木質ボードを充填し、外殻21で囲んで構成される。水平落下荷重、垂直落下荷重、コーナー落下荷重それぞれに対応する端周部11、11'、中央部14と中部12、12'、周面角部13、13'を配置する。木材の材料特性に合わせて緩衝方向を水平落下荷重用木材では半径水平方向、垂直落下荷重用木材では軸(垂直)方向、コーナー落下荷重用木材では半径水平方向とする。水平落下荷重用木材としては薄板を積層構造を用いてもよい。

【選択図】 図2

【特許請求の範囲】

【請求項1】  
略円柱形状をなすキヤスクの2つの端面部および2つの端面側面の一部周面を外装する外殻を備えたキヤスク用緩衝体において、  
前記外殻は、内部が少なくとも4領域から構成され、前記キヤスクの端面を収納するに充分な窪み部が形成され、前記4領域は、前記端面側面において前記窪み部に面した中央部とその外側の中部、および前記窪み部からはずれた最外周の、前記周面角部の3領域、並びに前記端面側面側において前記窪み部に面し、かつ前記キヤスクの円柱方向において主に前記周面角部に接する端周部部の1領域からなり、  
木材もしくは木質ボードは、木材もしくは木質ボードの木目が前記端面部に対して中央断面で前記中央部では水平方向になるようにして、前記中部では垂直方向になるようにして、前記周面角部では水平方向になるようにして、かつ前記端周部部では水平方向になるようにして配設されることを特徴とするキヤスク用緩衝体。

【請求項2】  
略円柱形状をなすキヤスクの2つの端面部および2つの端面側面の一部周面を外装する外殻を備えたキヤスク用緩衝体において、  
前記外殻は、内部が少なくとも4領域から構成され、前記キヤスクの端面を収納するに充分な窪み部が形成され、

前記4領域は、前記端面側面において前記窪み部に面した中央部とその外側の中部、および前記窪み部からはずれた最外周の、前記周面角部の3領域、並びに前記端面側面側において前記窪み部に面し、かつ前記キヤスクの円柱方向において主に前記周面角部に接する端周部部の1領域からなり、  
木材もしくは木質ボードは、木材もしくは木質ボードの木目が前記端面部に対して中央断面で前記中央部では水平方向になるようにして、前記中部では垂直方向になるようにして、前記周面角部では水平方向になるようにして、かつ前記端周部部では水平方向になるように配設されることを特徴とするキヤスク用緩衝体。

【請求項3】  
請求項1または2において、前記中部は、前記周面角部に接しており、該周面角部側において前記端周部部側に突出し、該端周部部に接する突出部が形成されることを特徴とするキヤスク用緩衝体。

【請求項4】  
請求項1または2において、各領域がお互いに接する部分にリブが前記外殻に固着されて設けられることを特徴とするキヤスク用緩衝体。

【請求項5】  
請求項1または2において、木材もしくは木質ボードからハニカム構造体形成し、ハニカム構造体の長手方向を木目方向もしくは強度が強い方向として配設することを特徴とするキヤスク用緩衝体。

【請求項6】  
請求項1または2において、木材もしくは木質ボードを木目方向もしくは強度が強い方向に積層して積層構造体を構成し、該積層体を各領域に配設したことを特徴とするキヤスク用緩衝体。

【請求項7】  
請求項1または2において、前記中央部、中部および周面角部の外側に隣接して外装部からなる領域を設けたことを特徴とするキヤスク用緩衝体。

【発明の詳細な説明】

【0001】  
【発明の属する技術分野】

本発明は、核燃料等を輸送、貯蔵するキヤスクの落下時における衝撃を緩和するキヤスク用衝撃緩衝体に関する。  
【0002】

【従来の技術】

一般に、使用済み核燃料は、原子力発電所内に設けられた冷却プールで、放射線量が一定レベル以下に低下するまで保管された後、遠核機能及び密封機能を有する燃料輸送貯蔵キヤスクに収められ、燃料処理施設まで輸送されるか、中間貯蔵施設まで輸送した後、キヤスクに収納された状態で貯蔵される。輸送時および取扱時の万一の事故に備え、キヤスクは9m上方からの落下に対しても、所定の遠核機能と密封機能を有することが義務づけられている。そこで、輸送時および取扱時には、通常、キヤスクの上下端にキヤスク用衝撃緩衝体を取付け、万一の落下時の衝撃を十分に緩和させる。

【0003】

キヤスク用衝撃緩衝体は、キヤスクとの寸法の取合いから、いろいろな落下姿勢に対してキヤスクの一部が着床するのを防ぐために落下姿勢毎に許容変形量があり、9m上方からの落下に対して許容変形量内で衝撃を吸収するために、落下姿勢に対応して変形する領域毎に所定の圧縮抵抗力以上を発生する材料を緩衝材として配置することが行われる。

【0004】

キヤスクの燃料収納効率を高めるには、強度設計上、許容変形量内で落下時の加速度を極力抑えることができる衝撃緩衝体であることが要求される。これに対応する緩衝材には、圧縮抵抗力が収縮初期から終了まで一定値を示すものが望ましい。圧縮時にこのような特性を示すものとして、周面を拘束した木材の繊維方向圧縮や金属ハニヤの軸方向圧縮や、ハニカム構造体のセル角軸方向圧縮等、材料の座屈現象を利用したものが知られている。これらの中で、現在までの燃料輸送用キヤスクの衝撃緩衝体に最も適用例が多いのが木材である。

【0005】

従来の衝撃緩衝体については、特許文献1に開示されているように、キヤスク本体の両端に衝撃緩衝体を外装し、キヤスクの軸方向に衝撃吸収能力が高い第1の材料をキヤスク直径を超えない範囲に円盤状に配置し、その外側にキヤスクの軸方向に衝撃吸収能力が高い第2の材料を円筒状に配置し、キヤスクの軸に対して垂直な方向に衝撃吸収能力が高い第3の材料を円筒状に配置させている。また、上記第2の円筒状の材料をキヤスクの軸方向に対して垂直な方向に衝撃吸収能力が高くなるように配置する。あるいは、第2、第3の円筒状の材料をキヤスクの軸方向に対して垂直な方向に衝撃吸収能力が高くなるように配置する構造が提案されている。そして、前記衝撃吸収能力が高い材料として、パルサ材、レップランド、米杉、米ヒバ、ポリウレタンフォーム、あるいは発泡スチロールが挙げられている。

【0006】

また、特許文獻2に開示されているように、衝撃リミッターの環状本体内の衝撃吸収部材がアルミニウム製の果状体の例がある。

特許文獻3の【従来の技術】の項目に開示されているように、衝撃吸収材として、バルサ材、積層板、ゴム、バネミキヤートコンクリートなどが用いられてきたとの記載がある。

【0007】

【特許文獻1】

特開2001-83291号公報

【特許文獻2】

特許第3032810号公報

【特許文獻3】

特許第2952283号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

経済性、加工性が優れ、使用実線のある木材は、縦横方向に大規模に圧縮した場合に縦横の座屈が連続的に生じ、ほぼ一定の圧縮流れ応力となるため、衝撃吸収性能が高いと言えるが、座屈崩壊の発生を防ぐために側面を十分に拘束しておくことが必要である。キヤスク本体の端部側面の外周領域において、縦横がキヤスク軸方向に対して垂直になるように木材を配置した場合には、キヤスク円筒軸が水平もしくは水平に近い姿勢で落下衝突した際に、木材が座屈崩壊により衝撃吸収能力が低下し、想定以上に衝撃緩衝体が高変形する危険性がある。これは、この部分のキヤスク中央部側にある木材を取り囲む衝撃緩衝体カバーが座屈して軸方向中央部側に座屈後の木材が流れ込むこと、および、キヤスク端部側の木材強度が低いために、この部分に座屈後の木材が流れ込むことによる。

木材として縦横方向を積層毎に直交させた積層材は木材の特性のばらつきが少ないため、緩衝体に適用した場合、緩衝体性能を安定させることが可能となる。しかし、積層材の場合も側面の拘束が不十分な場合に座屈崩壊する。ただし、各層の面に垂直な方向にだけ座屈崩壊するため、配向を工夫することにより座屈崩壊を防げる可能性がある。

【0009】

本発明の目的は、キヤスクの落下時における衝撃荷重を適度に吸収して衝撃加速度を低く抑えるとともに、変形量も低く抑えることが可能な衝撃緩衝体を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明は、次に示すようなキヤスク用衝撃緩衝体を構成する。

使用済み燃料集合体を収納する筒状のキヤスクの両軸端に配置する落下時の衝撃荷重を吸収する緩衝体において、水平落下荷重、垂直落下荷重、およびコーナー落下荷重をそれぞれ分担する衝撃吸収材を配置したこと、

使用済み燃料集合体を収納するキヤスクの落下時の衝撃荷重を吸収する緩衝体において、落下荷重を分担する衝撃吸収材として、応力ひずみ特性に異方性を有し、強度の低い方向においては圧縮時に体積収縮を生じる材料を用いること、

使用済み燃料集合体を収納するキヤスクの落下時の衝撃荷重を吸収する緩衝体を用いる衝撃吸収材として、応力ひずみ特性に異方性を有し、強度の低い方向においては圧縮時に体積収縮を生じるハニカム構造体を用いること、

【0011】

使用済み燃料集合体を収納するキヤスクの落下時の衝撃荷重を吸収する緩衝体において、水平落下荷重を分担する衝撃吸収材には強度の高い材料を用い、垂直落下荷重を分担する衝撃吸収材には中程度の強度を有する材料を用い、コーナー落下荷重を分担する衝撃吸収材には強度の低い材料を用いること、

使用済み燃料集合体を収納するキヤスクの落下時の衝撃荷重を吸収する緩衝体において、水平落下荷重を分担する衝撃吸収材は強度の高い方向を半径方向に、垂直落下荷重を分担する衝撃吸収材は強度の高い方向を軸方向に、コーナー落下荷重を分担する衝撃吸収材は強度の高い方向を半径方向に配向させて配置したこと、

【0012】

使用済み燃料集合体を収納するキヤスクの落下時の衝撃荷重を吸収する緩衝体において、水平落下荷重を分担する衝撃吸収材には密度の高い木材もしくは木質ボードを用い、垂直落下荷重を分担する衝撃吸収材には中程度の密度を有する材料を用い、コーナー落下荷重を分担する衝撃吸収材には密度の低い材料を用いること、

使用済み燃料集合体を収納するキヤスクの落下時の衝撃荷重を吸収する緩衝体において、水平落下荷重を分担する衝撃吸収材には密度が0.5ないし0.6g/cm<sup>3</sup>の木材もしくは木質ボードを用い、垂直落下荷重を分担する衝撃吸収材には密度が0.1ないし0.25g/cm<sup>3</sup>を有する材料を用い、コーナー落下荷重を分担する衝撃吸収材には密度が0.1ないし0.15g/cm<sup>3</sup>の木材もしくは木質ボードを用いること。

【0013】

使用済み燃料集合体を収納するキヤスクの落下時の衝撃荷重を吸収する緩衝体において、水平落下荷重を分担する衝撃吸収材として密度が0.5ないし0.6g/cm<sup>3</sup>の積層構造のフアラウツを用い、垂直落下荷重とコーナー落下荷重を分担する衝撃吸収材として密度が0.1ないし0.25g/cm<sup>3</sup>のバルサ材材料を用いること、

使用済み燃料集合体を収納するキヤスクの落下時の衝撃荷重を吸収する緩衝体の断面構造をコの字形の軸対称形状とし、窪み部（ベニ部）をキヤスクの両端に差し込んで取り付けるとし、窪み部側面の底を越えない領域に水平落下荷重を分担する衝撃吸収材を配置し、底部の外周側にコーナー落下荷重を分担する衝撃吸収材を配置し、底部の内側に垂直落下荷重を分担する衝撃吸収材を配置すること、

【0014】

使用済み燃料集合体を収納するキヤスクの落下時の衝撃荷重を吸収する緩衝体の断面構造をコの字形の軸対称形状とし、窪み部をキヤスクの両端に差し込んで取り付けるとし、窪み部側面に水平落下荷重を分担する衝撃吸収材を配置し、底部の外周側にコーナー落下荷重を分担する衝撃吸収材を配置し、底部の内側に垂直落下荷重を分担する衝撃吸収材を配置するとともに、底部の中心軸周りに垂直荷重の一部を分担する強度の低い材料を配置すること、

【0015】

使用済み燃料集合体を収納するキヤスクの落下時の衝撃荷重を吸収する緩衝体の断面構造をコの字形の軸対称形状とし、窪み部をキヤスクの両端に差し込んで取り付けるとし、窪み部側面に水平落下荷重を分担する衝撃吸収材を配置し、底部の外周側にコーナー落下荷重を分担する衝撃吸収材を配置し、底部の内側に垂直落下荷重を分担する衝撃吸収材を配置するとともに、底部の中心軸周りに垂直荷重の一部を分担する強度の低い材料を配置するとともに、中心軸周りを囲む円筒形状のリフトと、該リフトと最外周側の缶体との間に周方向を等間隔で分割する半径方向リフトを設けること、

使用済み燃料集合体を収納するキヤスクの落下時の衝撃荷重を吸収する緩衝体の断面構造をコの字形の軸対称形状とし、窪み部をキヤスクの両端に差し込んで取り付けるとし、窪み部側面に水平落下荷重を分担する衝撃吸収材を配置し、底部の外周側にコーナー落下荷重を分担する衝撃吸収材を配置し、底部の内側に垂直落下荷重を分担する衝撃吸収材を配置するとともに、底部の全面に強度の低い材料を配置すること、

【0016】

使用済み燃料集合体を収納するキヤスクの落下時の衝撃荷重を吸収する緩衝体において、水平落下荷重を分担する衝撃吸収材の木材もしくは木質ボードの積層面をキヤスクの軸に対してθ面とすること、

使用済み燃料集合体を収納するキヤスクの落下時の衝撃荷重を吸収する緩衝体において、水平落下荷重を分担する衝撃吸収材の木材の積層面をキヤスクの軸に対してα面とすること、

【0017】

水平落下荷重、垂直落下荷重、コーナー落下荷重それぞれに対応する木材構造を配置するとともに、特に、水平落下荷重に対応する木材もしくは木質ボードには積層材を採用し、その積層面をキヤスクの中心軸に関してα面、β面、γ面と入れ換え、積層面の法線方向を周方向に配置されていること、ただし、積層材をキヤスク中心軸に対して放射状に配置することは経済的には不都合であるので、緩衝体缶体の内部を半径方向に配置したリフトによって周方向に8分割し、その中に平板を積層した積層材で組上げたフロツクを収納することにより実用的な構造とすること、

積層材はその性質上、積層面法線方向に座屈崩壊するため、キヤスクが概ね水平姿勢で落下衝突した時には、積層材はキヤスクの中心軸に対して周方向に座屈崩壊しようとするが、隣接する積層材同士が拘束し合うため、座屈崩壊せずに安定して衝撃を吸収すること、

【0018】

【発明の実施の形態】

本発明の実施例を図面により説明する。

燃料輸送貯蔵のためのキヤスク1は、略円柱形状をなし、原子力発電所で使用済みの燃料集合体8を内部に収納して輸送し、中間貯蔵施設で保管し、所定の期間経過後、再処理施設へ輸送するための機器である。キヤスク1の基本的には、内筒2、内筒内部に収納される使用済みの燃料集合体8を入れるバネツトとそれと支持するサポートリフト（いずれも図示せず）、内筒2の上部に取り付けられる一次蓋4（一次蓋と二次蓋を内筒に固定するボルトは省略）、内筒の外側に設けた中性子線遮蔽材5、中性子線遮蔽材5を囲む外筒6、キヤスク1の吊り上げおよび固定用のドラゴエツフで構成される。キヤスク1の軸方向両端には、下部の衝撃緩衝体9と上部の衝撃緩衝体10をボルトで固定する。

【0019】

衝撃緩衝体9、10は、断面がコの字の軸対称形状である。外筒21はステンレス鋼製で、内部に木材もしくは木質

ボードを充填する。下部の衝撃緩衝体、上部の衝撃緩衝体10は、いずれも中央に内筒2の外壁に合わせた窪み部20を形成しており、この窪み部20に内筒2を嵌めることによって、内筒下端部の側面および内筒上端部の側面を覆っている。衝撃緩衝体9、10の断面形状を図3と図4に示す。外殻21は断面がコの字形の輪対称形状のほぼ円筒形状である。その内側には円筒形のリブ22を溶接で取り付けてあり、該リブ22は外殻(本体)21との間には半径方向リブ23を、周方向を3等分するかたちで放射状に溶接により取り付けてある。下部の衝撃緩衝体9と上部の衝撃緩衝体10は、外形、内部のリブ構造、後述する充填木材の種類・配置・配向は全て同一である。

【00201】  
本質ボードは木材粉をボード状に固型化したものとして市販されており、ボードの板方向に木材と同様に木目があらわすように取り扱うことができる。以下、木材を例として説明する。

衝撃緩衝体9、10における内部の木材配置を図2で説明する。キヤスクの落下姿勢に応じて木材を配置する。木材配置、すなわち外殻21の内筒は4領域に分けてある。4領域は、キヤスク1の端面部側において窪み部20に面した中央部14とその外側の中部12、12'、および窪み部20からはずれた最外周の周囲角部13、13'の3領域、並びにキヤスク1の端面部側において窪み部20に面し、かつキヤスク1の円柱方向において主に周囲角部13、13'に接する端面部11、11'の1領域からなり、木材は、木材の木目である木材繊維方向が前記端面部11、11'に接する端面部14では、矢印で示すように、水平方向になるようにして、中部12、12'では垂直方向になるようにして、周囲角部13、13'では水平方向になるようにして、かつ端面部11、11'では水平方向になるようにして配設される。このような構造において、水平落下に対しては端面部11、11'が対応する。垂直落下に対しては基本的には中部12、12'が対応し、一部について中央部14が二次的に荷重を分担する。コーナー落下に対しては周囲角部13、13'が対応する。外殻21を含む緩衝体全体の内部リブ22は中部12、12'と中央部14の境に外殻21に固着されて配置される。

【0021】  
垂直落下時の緩衝体の圧縮面積が大きいために、中央部14に強度の低いつまりキヤスク軸方向に対して垂直方向に繊維を配向する)材料を配置して、後述する加速度を許容値以下に抑えることを行う。

【0022】  
中部12、12'は、周囲角部13、13'に接しており、周囲角部側において端面部側側に出し、端面部側11、11'に接する長さ1、高さの突出部30を形成する。すなわち、外殻が窪み部20の底面領域に、垂直落下状態で配置されたことになる。この構成によれば、コーナー落下に対してこの突出部30が早めに向いて衝撃力を吸収することができる。コーナー落下に対して周囲角部13、13'の木材の水平方向の配置による作用と突出部30の木材の垂直方向の配置による作用の相互作用によって衝撃力が吸収される。尚、配置方向は、キヤスク1の端面部に対してのものであり、キヤスク用緩衝体の平面方向に対するものである。

【0023】  
木材の基本的機械的特性(応力ひずみ線図)を図5と図6で説明する。それぞれの図において、(a)図はひずみ(%)と応力(MPa)、(b)図はキヤスク用緩衝体変形量(mm)とキヤスク加速度との関係を示す。キヤスク用緩衝体では木材が圧縮変形するときのエネルギーにより衝撃荷重を吸収するが、応力ひずみ線図は木材の切り出し方向に依存して大きく異なる。すなわち異方性を有する。図5(a)の右上に示したように、木材を木材繊維に平行な方向(木目方向)に圧縮変形させると、やや高い応力で降伏し、塑性変形が始まると流れ応力がほぼ一定で変形し、ひずみが非常に大きくなると急速に応力が立ち上がる。この特性は図5(b)に示すように、キヤスク加速度の大きさに応じて現れる。緩衝体変形量に対するキヤスク加速度を変形終了時点において、許容値内に収納しながら充分に衝撃力を吸収することが必要とされる。本実施例にあつては、中央部14における木材の木目の水平方向配置と中部12、12'における木材の木目の垂直方向配置との組み合わせによって緩衝体変形量に対するキヤスク加速度を容易に許容値内に収納することができる。ここで注目されるべきことは、中央部14と中部12、12'との木目の組み合わせを使用していることであり、そのいずれか一方によっては加速度を許容値内に収納することが不能と低いことである。一方、図6(a)の右上に示したように、木材を木材繊維に垂直方向に圧縮変形させると、非常に低い応力で降伏し、塑性変形が始まると非常にゆつくりと流れ応力が増加して行き、ひずみが大きくなると急速に応力が立ち上がる。この特性に対処して加速度は(b)図のようになる。やはり、変形終了時点において許容値以内に収納しなければならぬ。このように木材は切り出し方向によって応力ひずみ特性が大きく異なる異方性を有するが、緩衝体ではこの特性を逆に有効に活かしている。また、図5、図6には3種類の木材A、B、Cの特性を示しているが、これは主に密度による差であり、密度の高い木材ほど高い応力値を示す。

【0024】  
各領域における木材の繊維方向の配置方向を図2に示した。基本的には木材の繊維方向を落下荷重方向に合わせる。したがって、水平荷重を分担する端面部11、11'の繊維方向は半径水平方向、垂直荷重を分担する中部12、12'の繊維方向は垂直方向である。コーナー荷重を分担する周囲角部13、13'の繊維方向は半径水平方向である。これはコーナー落下では、周囲角部13、13'が主に落下荷重を分担する。中部12、12'、端面部11、11'も荷重を分担するため全体のバランスから繊維方向を半径水平方向とした。

図10において、水平落下時の荷重を負担する端面部11、11'には、高密度材で強度の高い方向を荷重方向に向けたので最速となる。垂直落下時の荷重を負担する中部12、12'には、低密度材で強度の高い方向を荷重方向に向けたので中間強度となり、コーナー落下時の荷重を負担する端面部11、11'には、低密度材で強度の高い方向を荷重方向とは異なる向きに向けたので最弱となる。

【0026】  
以上の構成によれば、略円柱形状をなすキヤスクの2つの端面部および2つの端面部側面の一部周面を外殻とする外殻21を備えたキヤスク用緩衝体において、外殻21は、内部が少なくとも4領域から構成され、キヤスク1の端面部を収納するに充分な窪み部20が形成され、4領域は、キヤスク1の端面部側において窪み部20に面した中央部14とその外側の中部12、12'、および窪み部20からはずれた最外周の周囲角部13、13'の3領域、並びにキヤスク1の端面部側面において窪み部20に面し、かつキヤスク1の円柱方向において主に周囲角部13、13'に接する端面部11、11'の1領域からなり、応力ひずみ特性に異方性を有する木材もしくは本質ボードは、該木材もしくは本質ボードの強度の高い方向がキヤスク1の端面部に対して中央断面で中央部14では水平方向になるようにして、中部12、12'では垂直方向になるようにして、周囲角部13、13'では水平方向になるようにして、かつ端面部11、11'では水平方向になるように配設されるキヤスク用緩衝体が構成される。

【0027】  
そして中部12、12'は、周囲角部13、13'に接しており、周囲角部13、13'側において端面部側側に出し、端面部側11、11'に接する突出部30が形成されるキヤスク用緩衝体が構成される。

また、図11に示すように、端面部11、11'の底部が伸びた伸部35、35'を設けて、この伸部35、35'を中部12、12'上に配設するようにしてもよい。

【0028】  
キヤスクの落下姿勢に応じて木材を配置し、木材配置を4領域に分けるのは実施例1と同じであるが、水平落下荷重に対応する端面部11、11'の形状が異なる。すなわち、図2に示した実施例1では、端面部11、11'の領域は緩衝体のコの字形状の窪み部20の底面まで至らない寸法に収めてある。これは言い換えれば、水平荷重を分担する木材はキヤスク1の内筒2の端面部側の範囲にあるというところである。一方、図11の例では端面部11、11'の領域は窪み部20の底面を越えるところまで延長してある。これは、強度特性が低い木材を水平荷重を分担する端面部11、11'に適用した場合には、変形が大きくてキヤスク1が地面に衝突してしまう可能性があるためである。

【0029】  
緩衝体を使用する材料としては、垂直落下荷重を分担する中部12、12'とコーナー落下荷重を分担する周囲角部13、13'、および中央部14には比重の低いバルス材を使用する。この場合の密度は0.1g/cm<sup>3</sup>から0.25g/cm<sup>3</sup>である。バルス材を使用する理由は、これらの領域の落下荷重を負担する面積が大きいので、低い応力で変形する材料が適正なためである。一方、水平荷重を分担する端面部11、11'には比重が0.5g/cm<sup>3</sup>から0.6g/cm<sup>3</sup>の強度の高い材料が望ましい。更には、積層板が望ましい。具体的には、厚さ3mm程度のダグラスツリーの薄板を繊維が互いに直交するように積層したツープラレイツツが最適である。

【0030】  
水平荷重を分担する端面部11、11'におけるツープラレイツツの積層方向の配置を図7、図8に示す。図3に示したように、端面部11、11'はリブ23で周方向に8分割して配置され、1つ1つは周方向で45度分を分担するため、図7、図8には1個分の形状を示してある。図7はツープラレイツツの積層方向を軸方向としたものである。言い換えれば、積層面をキヤスク1、あるいは緩衝体9、10の軸方向に対してθ面としたものである。言い換えれば、積層面をθ面としたものである。変形と解析の結果からは、図7のように積層した場合には、緩衝体の外殻21の軸方向側面が水平落下荷重を受けて座屈すること、および、コーナー落下荷重分担用の周囲角部13、13'が軟らかいため、端面部11、11'が圧縮変形して座屈したときに同軸方向に木材が流れ込むため変形抵抗が小さくなり、変形が起きる可能性がある。それに対して、図8のように積層した場合に、木材の座屈方向が周方向であるので、変形抵抗が小さくならないため、圧縮変形が緩慢に大きくなり、積層方向とは、この方向がより望ましい。図9に端面部11、11'の積層面の法線方向を緩衝体の周方向としたときの断面図を示す。端面部11、11'は周方向では放射状リブ23、23'により45度間隔で仕切られ、積層面は隣同士が互いに45度ずれて配置される。

【0031】  
図12は、木材もしくは本質ボードを使用してハニカム構造体31、32を構成した例を示す。ハニカム構造体の長手方向もしくは強度が強い方向として配設する。これによれば、木材もしくは本質ボード41、42の木目方向と同一方向にハニカム構造体の長手方向が配設されて前述した例と同一の効果を期待できる。この結果、図2に示した同様の配置関係を構成することができ、すなわち、ハニカム構造体材を適用した場合でも、配置は図2などの木材のものと同じになる。この場合、木材の繊維方向に相当する矢印は、ハニカム構造材のセル角方向である。各領域の密度は、端面部11、11'で示す領域が高く、その他の領域が低くなる。本構造によって、木材を使用した場合と同じ衝撃吸収作用が得られる。さらに、金属製の材料を用いることによって、温度変動によっても安

定した性能を得ることができ、設計がしやすくなる効果がある。

【0032】

燃料輸送貯蔵のためのキャスク11に適用する本発明の他の実施例である実施例2の衝撃緩衝体を図12に基づいて説明する。キャスク11の落下姿勢に応じて木材を配置する。木材配置、すなわち外殻21の内部は5領域に分けてある。水平落下に対しては先の実施例と同様に、端周囲部11、11'が対応する。垂直落下に対しては基本例は中部12、12'が対応し、一部について中央部14が二次的に荷重を分担する。コーナー落下に対しては周囲角部13、13'が対応する。上記の落下荷重は9mの落下高さに対応するものである。しかし、キャスク11の設計基準においては、0.3mの落下に対しては周囲角部14が二次的に荷重を分担する。そのために、中央部14、中部12、12'および周囲角部13、13'の外側全面に亘って隣接して外表面15が1つの独立した領域として設けてある。この場合の外表面15の木材の繊維方向は水平方向とされる。外表面15は0.3m高さからの垂直落下荷重に対応するために設けた薄いバール材によって構成され得る。この部材の繊維方向はキャスク11および緩衝体9、10の軸方向に対して垂直である。

【0033】

他の変形例である緩衝体を図14に示す。この例にあっては、図11に示す例と図13に示す例を組み合わせている。従って、それぞれの特徴を備える。キャスク11の落下姿勢に応じて木材を配置し、木材配置を5領域に分けるのは図13に示す例と同じであるが、水平落下荷重に対応する端周囲部11、11'の領域である伸部35、35'を図11に示す例のように、窪み部20の底を越えるところまで延長したものである。

【0034】

【発明の効果】

本発明によれば、使用済燃料輸送貯蔵用キャスクが輸送中に万一落下した場合でも、緩衝体を適度に変形させることにより、キャスクへの衝撃加速度を大幅に緩和するとともに、緩衝体の変形量も小さく抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例である衝撃緩衝体を取り付けたキャスクの概略構造図。

【図2】本発明の実施例であるキャスクに適用する衝撃緩衝体の構造図。

【図3】衝撃緩衝体の外殻と内部に設けるリブの配置を示す水平断面図。

【図4】衝撃緩衝体の外殻と内部に設けるリブの配置を示す垂直断面図。

【図5】木材の繊維方向に高速圧縮変形させた時の応力とひずみとの、およびキャスク加速度と緩衝体変形量との関係を示す特性図。

【図6】木材の繊維方向と垂直な方向に高速圧縮変形させた時の応力とひずみとの、およびキャスク加速度と緩衝体変形量との関係を示す特性図。

【図7】水平荷重を分担する木材の積層方向を $r-\theta$ 面としたときの配向を説明する図。

【図8】水平荷重を分担する木材の積層方向を $r-\phi$ 面としたときの配向を説明する図。

【図9】水平荷重を分担する木材の積層方向を $r-\psi$ 面としたときの断面全体での木材の配向を説明する図。

【図10】木材の強度別配置の例を示す図。

【図11】衝撃緩衝体を構成する木材ブロックの他の例を示す図。

【図12】ハニカム構造体を使用した例を示す図。

【図13】他の実施例の衝撃緩衝体の構成図。

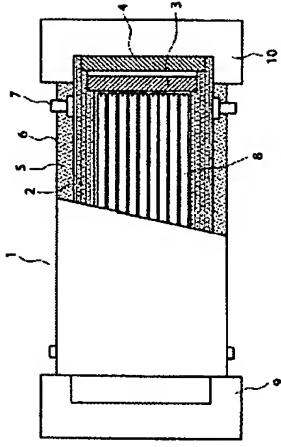
【図14】図13に示す衝撃緩衝体の他の例を示す図。

【符号の説明】

1…キャスク、2…内筒、3…一次室、4…二次室、5…中性子遮へい体、6…外筒、7…トランゾン、8…使用済の燃料集合体、9…下部の衝撃緩衝体、10…上部の衝撃緩衝体、11、11'…端周囲部(領域)、12、12'…中部(領域)、13、13'…周囲角部(領域)、14…中央部(領域)、15…外表面(領域)、20…窪み部、21…外殻、22…円筒状リブ、23…放射状リブ、30…突出部、35…伸部。

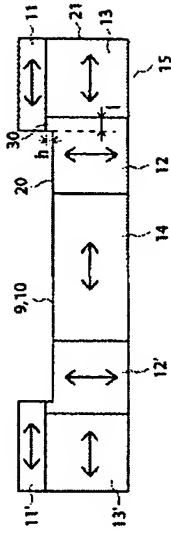
【図1】

図 1



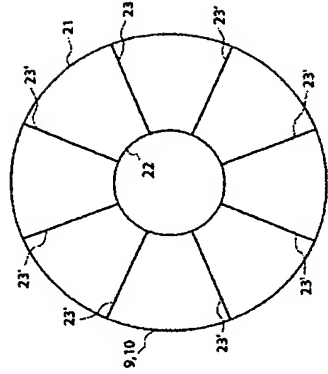
【図2】

図 2



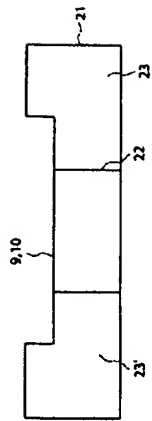
【図3】

図 3



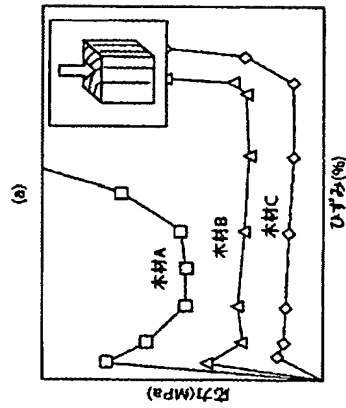
【図4】

図 4



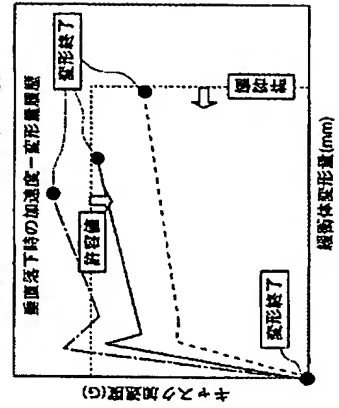
【図5】

図 5



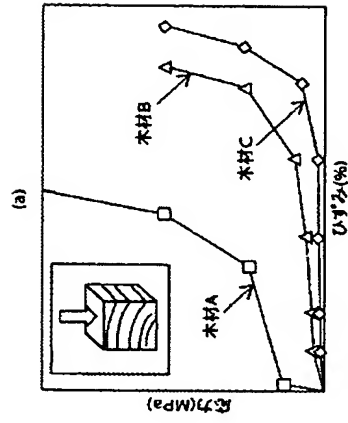
(b)

—— 領域12に木材Aを使用した場合  
—— 領域12に木材Bを使用した場合  
----- 領域12に木材Cを使用した場合



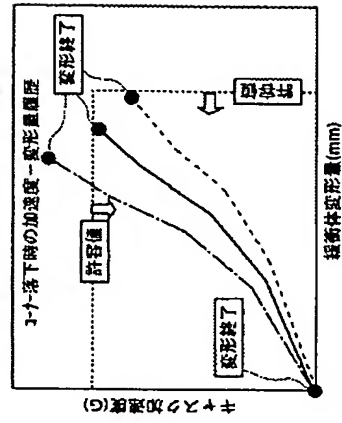
【図6】

図 6



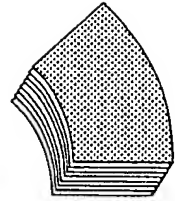
(b)

—— 領域13に木材Aを使用した場合  
—— 領域13に木材Bを使用した場合  
----- 領域13に木材Cを使用した場合



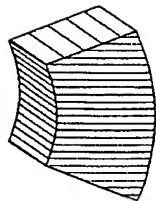
【図7】

図 7



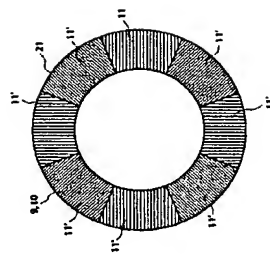
【图8】

图 8



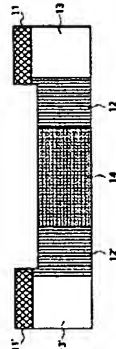
【图9】

图 9



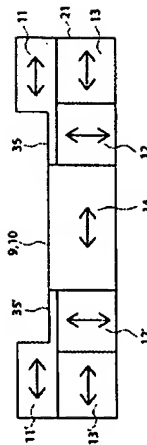
【图10】

图 10



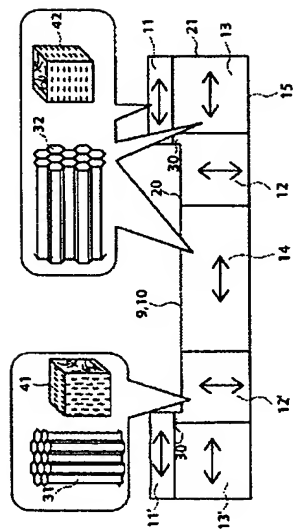
【图11】

图 11



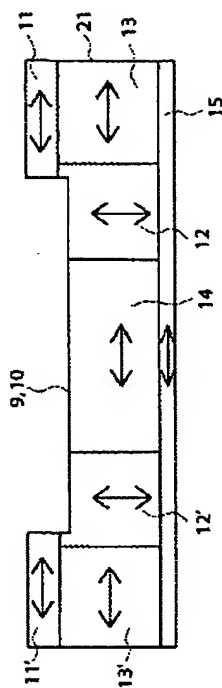
【图12】

图 12



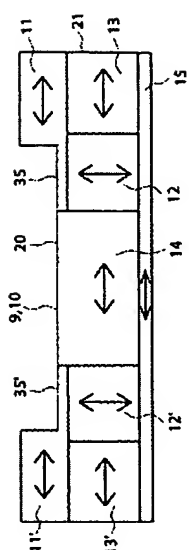
【图13】

图 13



【图14】

图 14





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**